昆 虫 学 报 Acta Entomologica Sinica，August 2007，50(8)：813 - 825 ISSN 0454-6296

# 湖北大巴山东部蚤类区系组成及垂直分布

刘井元[1]，余品红[1]，吴厚永[2]

(1. 湖北省预防医学科学院传染病防治研究所，武汉 430079；2. 军事医学科学院微生物流行病研究所，北京 100071)

**摘要**：采用常规与沿雪线调查方法，对大巴山东部具代表性的 7 个不同海拔梯度及 6 个不同生境类型，连续进行了 11 年调查和研究。结果表明：1)在所获得的 8 科 28 属 51 种 9 974 只蚤类中，有 25 种隶属于古北界，占 49.02%，21 种属于东洋界，占 41.18%，5 种广布，占 9.80%；经个体数量区系处理，古北和东洋两界蚤类区系数量(37.97%，50.30%)并不完全与物种区系相吻合，但东洋蚤类区系数量与古北物种区系相当；2)大巴山东部蚤类垂直分布的区系特点是，1 500 m 以下东洋成分占绝对优势，1 600 ~ 2 300 m 古北成分达 44.82% ~ 56.41%，但个体区系数量却在 33.47% ~ 60.16%之间，物种区系成分与数量区系分布并不完全一致；一些东洋界特有指示性质的巴山盲鼠蚤和它的寄主猪尾鼠，仍可分布到这一地带；当海拔上升到 2 600 m，古北成分已稳定达 55.00%，此地带已不见东洋界特有指示性质的巴山盲鼠蚤和它的寄主猪尾鼠的踪迹，当海拔上升到 2 800 ~ 2 980 m，古北成分和个体数量分别已达 65.00%和 89.51%；3)在大巴山东部 51 种蚤类中，有 24 种在秦岭有分布，占秦岭已知 34 种的 70.58%，两座山系古北成分也相当，分别为 49.02%及 52.94%。最后按区系、宿主动物、植被带谱和地理状况相近原则，对张金桐等(1989)对秦岭南坡的蚤类海拔高度划线 1 000 ~ 2 000 m 进行修订，并上移至 2 600 m 左右地带，修订后的划线，其具体位置及走向大体与暗针叶林的下限保持一致。此线以上，无论蚤种或是数量都以古北界成分为主，低于此线，古北、东洋成分和一些特有指示性质的种类相互渗透。

**关键词**：蚤类；区系组成；垂直分布；古北界；东洋界；海拔高度划线；大巴山东部

**中图分类号**：Q969.47 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2007)08-0813-13

# Faunal composition and vertical distribution of fleas in the eastern part of Daba Mountains，Hubei province，China

LIU Jing-Yuan[1]，YU Pin-Hong[1]，WU Hou-Yong[2] (1. Institute of Infectious Diseases，Hubei Academy of Preventive Medical Science，Wuhan 430079，China；2. Institute of Microbiology and Epidemiology，Academy of Military Medical Sciences，Beijing 100071，China)

**Abstract**：With snow line (as snow falls in winter or melts in spring，place rat clamps up and down along border of snow line of the mountain to capture rodents and collect flea specimens outside their bodies) and routine investigation methods，selecting 7 different representative altitude gradients and 6 different habitat types，an 11 years' continuous study had been carried on in the eastern part of Daba Mountains in Hubei. The results showed that：1) of the 51 species of 9 974 fleas collected belonging to 28 genera of 8 families，25 species belong to the Palaearctic region (49.02%)，21 belong to the Oriental region (41.18%) and 5 are wide-spread (9.80%)；evaluated with individual proportion，the difference between the Palaearctic region (37.97%) and the Oriental region (50.30%) is not as obvious as species composition；2) the faunal characteristics of vertical distribution of fleas in the eastern part of Dabashan Mountain is that the Oriental species occupy absolute predominance under altitude 1 500 m；the Palaearctic species account for 44.82% - 56.41% at altitude 1 600 - 2 300 m，while the individual proportion of the Palaearctic species is 33.47% - 60.16% at the same altitude range；some special indicators in the Oriental region such as *Typhlomyopsyllus bashanensis* and its host *Typhlomys cinereus* can be seen in the Palaearctic region；when the altitude is elevated

基金项目：国家自然科学基金项目(30070679)；湖北省自然科学基金项目(2004ABA138)；湖北省科技攻关计划项目(2002AA301C43)；湖北省卫生厅科研基金项目(NX200427)

作者简介：刘井元，男，1954 年 12 月生，湖北宜都市人，副主任医师，从事昆虫生态与分类学研究，E-mail：liujingyuan16@sina.com

收稿日期 Received：2006-01-05；接受日期 Accepted：2007-08-06

to 2 600 m, the Palaearctic species account for 55.00%, and *T. bashanensis* and its host *T. cinereus* can not be found any more; when the altitude was above 2 800 – 2 980 m, the Palaearctic species proportion and individual proportion are 65.00% and 89.51%, respectively; 3) of the 51 species of fleas in the eastern part of Daba Mountains, 24 species are also distributed in Qinling Mountains, accounting for 70.58% of 34 species known in Qinling; the Palaearctic species proportion in the two mountains was 49.02% and 52.94% respectively. According to principles of similarity in faunal elements, host animals, vegetation zone and geographical conditions, the altitude lineation (1 000 – 2 000 m) of fleas in the south slope of Qinling Mountains proposed by Zhang Jin-Tong *et al*. (1989) was revised and elevated to about 2 600 m. The position and direction of the revised altitude lineation is corresponding to lower border limit of subalpine coniferous forest. Above the line, the Palaearctic elements dominate in both species number and individual number; while below the line, there exists a mixture of the Oriental, the Palaearctic and some endemic elements. In the author's opinion, although the fauna of animal species is a key indicator in determining the characteristics of mountain fauna, the faunal proportion of species and individuals and the living extent of some animals with special indications are of greater significance in altitude lineation to comprehensively determine the property of animal fauna. Meanwhile, it can make people better understand the vertical distribution of the Palaearctic and the Oriental elements in mountains and make wiser judgment conforming to the reality.

**Key words**: Fleas; faunal composition; vertical distribution; Palaearctic region; Oriental region; altitude lineation; eastern part of Daba Mountains

不同山系及区域的蚤类物种丰富度、区系结构和多样性组成，与调查所处的地理位置、纬度、自然生态环境和海拔高度有着密切的关系（龚正达等，2001，2005），同时也与宿主动物的物种丰富度、分布范围有着千丝万缕的联系（张金桐等，1989；吴厚永等，2007）。以往国内外在研究或阐明一个特定区域，或对高海拔山脉进行蚤类区系、垂直分布和与生态环境多样性相互关系的研究或探索时，大多数作者都是利用较短时间内的调查（龚正达等，1996，1999，2000，2004；郭天宇等，1997；Lewis，1998），对所获得的蚤标本进行统计分析，但其获得的结果或数据，因受标本数和种类不多的限制，大体上只能得到调查山系或区域蚤类物种多样性和与生态环境多样性的粗略梗概，而离实际真正掌握或搞清这些山系及区域的蚤类物种丰富度和与生态环境的多样性，仍有一定距离或差异。其中较重要的一条，就是大多数缺乏寒季沿山脉雪线的分布调查，因此在一定程度上，或多或少影响了整个山脉的物种多样性和数量变化的评估或分析。如何解决这一问题，作者在多年的野外现场调查和研究中，对这一现象或矛盾进行了认真的思考和探索，认为要想客观阐明或搞清一个山系或区域的蚤类区系分布状况和垂直分布及其与生态环境多样性的关系，在调查中必须解决以下几个问题：1）调查的山系必须连续进行 3 年以上；2）高海拔山脉每一生境带要点、面结合，重点区域要扩大范围并多次重复采集；3）有寒季沿山脉雪线的垂直分布调查，否则有些蚤种和特殊生物学资料将难于获取；4）根据调查的山系和整个地理区域生境情况，获得的蚤种应不少于一个区域分布估算种的 85% 以上。很显然要想完成这些综合指标并不容易，尤其在交通不便利的偏远山区，第 3、4 点的完成往往具有相当大的难度和困难，其中第 3 点"沿山脉雪线的分布调查"，在已知蚤类的研究中迄今尚没有文献记载（Hopkins and Rothschild，1966 – 1971；Lewis，1972 – 1985，1990，1998；Tiflov *et al*.，1977；Traub，1980a，1980b；Traub *et al*.，1983；龚正达等，2007；吴厚永等，2007）。为了揭示或弄清大巴山东部蚤类的垂直分布和与生态环境的关系或规律，以及寒季蚤类与气候变化的相互关系，1989 年至 1999 年作者在湖北省西北部大巴山东部连续进行了 11 年调查，获得了一大批蚤类标本和数据，现将结果整理报道如下。

# 1 研究区域概况与方法

## 1.1 研究区域概况

大巴山东部是华中地区最大原始森林林区之一，地处北纬 31°15′ ~ 32°21′，东经 109°56′ ~ 110°91′之间，面积约 6 500 km²，主要包括湖北西北部的神农架、竹山、竹溪、房县、保康、兴山、巴东（长江北岸部分）和重庆市东部的巫山和巫溪等县市。整个山

体东西走向、南北纵列、脊岭连绵、峡谷相间，平均海拔在 1 500 m 以上，垂直最大差别达 2 685.2 m，超过 3 000 m 以上的山峰有 6 座，最高峰神农顶 3 105.4 m，耸立华中，与江汉平原形成鲜明对照。境内群峰峥嵘，林海茫茫，生长有 2 700 多种高等维管束植物，是世界中纬度植被保存最完整的地区之一，为我国地势第二级阶梯向中部平原第三级阶梯过渡的典型地带。该区气候复杂多变，微小气候和垂直生境差异明显，高山 10 月进入冬季，5 月仍降瑞雪，年均气温 5℃左右，由低山向高山逐渐递减，年降雨量 900 ~ 2 500 mm 之间，自西向东逐渐增多；海拔1 000 m以下，无霜期长达 245 天，而 2 000 m 以上，不超过 150 天。这种独特的自然地理生态环境，孕育了纷繁多样的动、植物区系。高海拔的山脉、低夷平面的沟谷和保存较为完好的原始生态景观使古北界、东洋界两大区域蚤类，在这里纵横交错，得到了良好的繁延、分化或发展。同时，也为各种蚤类的宿主动物，提供了形式多样的栖息环境或场所。

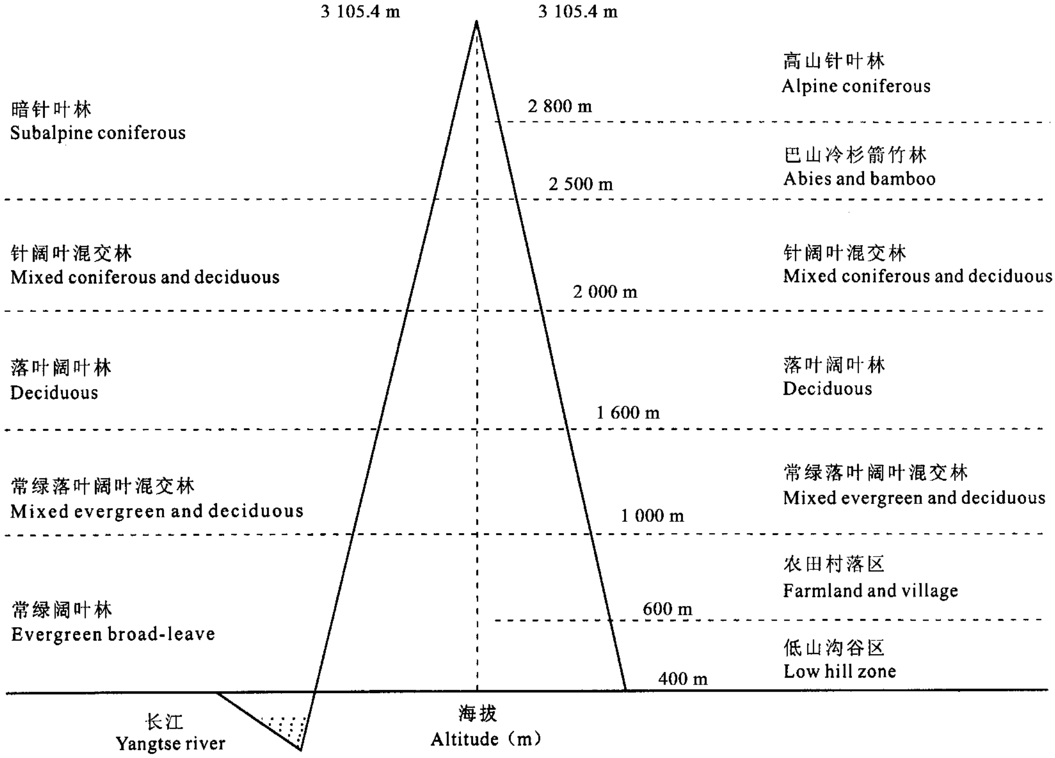


**图 1　湖北大巴山东部森林植被垂直分布图**

Fig. 1　Vertical distribution of vegetation in eastern part of Daba Mountains, Hubei province, China

## 1.2　样点的选择

根据大巴山东部的海拔高度和植被垂直分带（常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林、针阔叶混交林、暗针叶林）（图 1）状况，共进行了 57 个样点调查，其中神农架 43 个，相邻的 6 个县（房县、十堰、保康、兴山、竹山、巫山）13 个，宜昌大老岭林场 1 个。调查的最低样点，北坡在房县的土城 600 m，南坡在巴东县的堆子和兴山县的湘坪 400 m，最高样点 2 980 m，即在神农架自然保护区的大神农架一带。另外，部分材料的获得将涉及武当山和湖北省预防医学科学院传染病研究所上世纪 60 年代初在小神农架巴东大干河的 1 次短期调查所采集的蚤标本。

## 1.3　调查时间与方法

**1.3.1　种类组成的调查**：除 1989 - 1990 年 3 次 6 个样点是在 6 - 8 月调查外，其余都集中在 3 - 5 月和 9 - 12 月间进行。各调查点统一采用踏板中号铁铗（每样点不少于 400 个鼠铗），以新鲜猪肉为诱饵，用铗日法捕获啮齿和食虫等动物，铗距 4 m 左右，依地形布放，晚放晨收，每鼠一袋，同时辅以枪击和采挖鼠、鸟巢窝，并将宿主动物置于白方瓷盘中检集蚤类，标本单管存放，保存于 70% 酒精中，带回室内分类鉴定、计数。

**1.3.2　寒季沿山脉雪线的分布调查**：是从 3 月中旬或是 4 月上旬海拔 1 000 m 左右地带，随春季降雪或融雪，沿雪线交界处上、下布放鼠铗，并随气温升高，

冰雪逐渐向高山退缩，采集也就沿雪线逐步向高山延伸，最后到达 2 980 m 左右地带后，在大范围多地点采集；等 9 月下旬或 10 月初高山冬季来临并降雪，再从 2 900 m 处沿雪线下移而逐步向低山采集，至 600 m 左右地带到 12 月冰雪或冰霜完全覆盖整个大巴山东部不能采集，为当年工作结束时间。

### 1.4 统计方法

**1.4.1 群落水平指标测定**：用 Shannon-Wiener 指数公式 $H' = -\sum_{i=1}^{s} P_i \ln P_i$ 分别计算各主要生态环境蚤类群落种的多样性指数（$H'$ 为多样性指数、$P_i$ 为第 $i$ 种的个体比例）；以 Pielou 公式 $J = H'/\ln S$ 计算群落种均匀度指数（$J$ 为均匀度、$S$ 为物种数）；以 Simpson 公式 $C = \sum_{i=1}^{s}(N_i/N)^2$ 计算各群落的生态优势度（$C$ 为生态优势度、$N_i$ 为第 $i$ 种的个体数、$N$ = 总个体数）（赵志模和郭依泉，1990）。

**1.4.2 相似性系数**：根据 Jaccard 相似性公式计算相似性系数（马克平，1994；徐正会等，1999），即：$q = c/(a + b - c)$。式中：$c$ 为两个群落的共同物种数，$a$ 和 $b$ 分别为群落 A 和群落 B 的物种数。根据相似性系数原理，判断相似程度，当 $q$ 为 0.00 ~ 0.25 时为极不相似，$q$ 为 0.25 ~ 0.50 时为中等不相似，$q$ 为 0.50 ~ 0.75 时为中等相似，$q$ 为 0.75 ~ 1.00 时为极相似。

## 2 结果与分析

### 2.1 大巴山东部蚤类组成

通过对大巴山东部 7 个不同海拔梯度、6 个不同生境类型和 57 个样点的调查，共捕获啮齿类和食虫类动物 6 806 只，食肉目动物 33 只，采挖罗氏鼢鼠 *Myospalax rothschildi* 巢窝 3 个、短嘴金丝燕 *Collocalia brevirostris* 巢窝 477 个，获得蚤类 9 974 只，分隶于 8 科 28 属 51 种（表 1）。

**表 1 湖北大巴山东部不同海拔的蚤类种类、个体数量优势度及区系成分**

**Table 1 Composition, dominance of individuals and faunal elements of fleas at different altitude in the eastern part of Daba Mountains**

| 种类 Species | 不同海拔的个体数量优势度（%） Dominance of individual number at different altitude | | | | | | | 区系成分 Faunal element | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ⅰ (400 m) | Ⅱ (600 – 900 m) | Ⅲ (1 000 – 1 500 m) | Ⅳ (1 600 – 1 900 m) | Ⅴ (2 000 – 2 300 m) | Ⅵ (2 600 m) | Ⅶ (2 800 – 2 980 m) | 古北 Palaearctic | 东洋 Oriental | 广布 Wide-spread |
| 人蚤 *Pulex irritans* | 21.05 | 1.04 | 0.39 | | | | | | | √ |
| 猫栉首蚤指名亚种 *Ctenocephalides felis felis* | 5.26 | | | | | | | | | √ |
| 文县鬃蚤 *Chaetopsylla wenxianensis* | | | 2.56 | | | | | | √ | |
| 王氏鬃蚤 *C. wangi* | | | 0.47 | 1.28 | | | | √ | | |
| 台湾多毛蚤秦岭亚种 *Hystrichopsylla weida qinlingensis* | | 0.30 | 0.62 | 3.59 | 0.97 | 4.32 | 0.30 | | √ | |
| 多刺多毛蚤 *H. multidentata* | | | | 0.03 | | | 2.74 | √ | | |
| 陕西多毛蚤 *H. shaanxiensis* | | 0.45 | 0.47 | 3.27 | 0.97 | 2.97 | 2.28 | √ | | |
| 大巴山狭蚤 *Stenoponia dabashanensis* | | | | 0.30 | 0.47 | 3.24 | 2.43 | √ | | |
| 棒形新蚤 *Neopsylla clavelia* | | 0.45 | 2.87 | 6.56 | 0.67 | 0.54 | 2.13 | | √ | |
| 特新蚤指名亚种 *N. specialis specialis* | 36.84 | 21.88 | 17.31 | 6.17 | 0.72 | | 0.15 | | | √ |
| 无规新蚤 *N. anoma* | | | 2.80 | 2.85 | 0.53 | 0.27 | 1.06 | √ | | |
| 刺短新北蚤 *Nearctopsylla beklemischevi* | | | 0.54 | 0.15 | | | | √ | | |
| 奇异狭臀蚤 *Stenischia mirabilis* | | 0.74 | 0.93 | 0.77 | 0.17 | 0.27 | 0.15 | | √ | |
| 低地狭臀蚤 *S. humilis* | | 0.45 | 2.17 | 0.59 | 0.14 | 2.43 | 0.15 | | √ | |
| 绒鼠纤蚤 *Rhadinopsylla eothenomus* | | | 0.08 | 0.18 | 0.14 | 10.00 | 0.30 | √ | | |
| 双凹纤蚤 *R. biconcava* | | | | 0.06 | 0.28 | 3.51 | 9.73 | √ | | |
| 湖北叉蚤 *Doratopsylla hubeiensis* | | | | | 0.19 | | 0.15 | √ | | |
| 尼泊尔叉蚤 *D. araea* | | | 0.39 | 0.18 | | | | √ | | |
| 长指古蚤 *Palaeopsylla longidigita* | | 8.18 | 3.11 | 0.62 | 0.39 | | | | | √ |
| 偏远古蚤 *P. remota* | | 24.70 | 29.11 | 28.70 | 4.39 | 32.70 | 4.41 | | √ | |
| 马氏古蚤 *P. mai* | | | | | 0.03 | | | | √ | |
| 巫山古蚤 *P. wushanensis* | | | | 0.56 | 0.47 | 1.08 | | √ | | |
| 支英古蚤 *P. chiyingi* | | 0.15 | 0.54 | | | | | | √ | |
| 短额古蚤 *P. brevifrontata* | | 0.89 | 1.09 | 2.64 | 0.78 | 3.51 | | | √ | |
| 鹅头形古蚤 *P. anserocepsoides* | | | 0.08 | 1.13 | 0.50 | 0.27 | | | √ | |
| 台湾栉眼蚤大陆亚种 *Ctenophthalmus taiwanus terrestus* | | 3.57 | 3.80 | 1.93 | 0.19 | | | | √ | |
| 鄂西栉眼蚤 *C. exiensis* | | 18.75 | 3.73 | 3.44 | 1.92 | 12.43 | 3.19 | | √ | |
| 锥形柳氏蚤 *Liuopsylla conica* | | 0.30 | 1.24 | 1.63 | 0.17 | 0.27 | | | √ | |

续表 1 Table 1 Continued

| 种类 Species | 不同海拔的个体数量优势度（%） Dominance of individual number at different altitude | | | | | | | 区系成分 Faunal element | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ⅰ（400 m） | Ⅱ（600 – 900 m） | Ⅲ（1 000 – 1 500 m） | Ⅳ（1 600 – 1 900 m） | Ⅴ（2 000 – 2 300 m） | Ⅵ（2 600 m） | Ⅶ（2 800 – 2 980 m） | 古北 Palaearctic | 东洋 Oriental | 广布 Widespread |
| 四刺夜蝠蚤 *Nycteridopsylla quadrispina* | 5.26 | | | | | | | | √ | |
| 南蝠夜蝠蚤 *N. iae* | 31.58 | | | | | | | | √ | |
| 喜山二刺蚤陕南亚种 *Peromyscopsylla himalaica australishaanxia* | | 1.93 | 4.04 | 0.98 | 0.03 | | | | √ | |
| 梯形二刺蚤 *P. scaliforma* | | | | 0.03 | 0.14 | 3.51 | 0.46 | √ | | |
| 巴山盲鼠蚤 *Typhlomyopsyllus bashanensis* | | 0.74 | 0.23 | 0.15 | 0.53 | | | | √ | |
| 三角小栉蚤 *Minyctenopsyllus triangularus* | | | 0.31 | 0.80 | | | 0.15 | √ | | |
| 李氏茸足蚤 *Geusibia liae* | | | | 0.83 | 4.06 | 2.16 | 4.56 | √ | | |
| 棕形额蚤神农架亚种 *Frontopsylla spadix shennongjiaensis* | | 1.04 | 5.20 | 15.61 | 4.50 | 1.08 | 4.10 | √ | | |
| 巨凹额蚤 *F. megasinus* | | | | 0.15 | 0.03 | 2.97 | 9.27 | √ | | |
| 履行怪蚤 *Paradoxopsyllus calceiforma* | | 1.04 | 0.85 | | | | | | √ | |
| 卷带倍蚤巴东亚种 *Amphalius spirataenius badongensis* | | 0.15 | 0.08 | 3.03 | 6.81 | 12.43 | 52.28 | √ | | |
| 微突大锥蚤 *Macrostylophora microcopa* | | | | 0.03 | | | | √ | | |
| 河北大锥蚤神农架亚种 *M. hebeiensis shennongjiaensis* | | | 0.16 | | | | | √ | | |
| 木鱼大锥蚤 *M. muyuensis* | | 3.72 | 1.09 | 0.36 | 0.72 | | | | √ | |
| 五角巨胸蚤 *Megathoracipsylla pentagonia* | | | 0.08 | | | | | | √ | |
| 獾副角蚤扇形亚种 *Paraceras melis flabellum* | | | 0.16 | | | | | √ | | |
| 屈褶副角蚤 *P. crispus* | | | 2.33 | 0.12 | | | | | √ | |
| 禽蓬松蚤指名亚种 *Dasypsyllus gallinulae gallinulae* | | | | 0.18 | | | | √ | | |
| 粗毛角叶蚤 *Ceratophyllus garei* | | | | 0.24 | | | | √ | | |
| 宽圆角叶蚤天山亚种 *C. eneifdei tjanschani* | | | | 0.03 | | | | √ | | |
| 吴氏角叶蚤 *C. wui* | | | | 10.63 | 69.09 | | | √ | | |
| 不等单蚤 *Monopsyllus anisus* | | 8.48 | 1.40 | 0.06 | | | | | | √ |
| 冯氏单蚤 *M. fengi* | | 1.04 | 9.78 | 0.15 | | | | √ | | |
| 合计 Total 物种数 Species number | 5 | 22 | 34 | 39 | 29 | 20 | 20 | 25 | 21 | 5 |
| 合计 Total 个体数 Individual number | 19 | 672 | 1 288 | 3 369 | 3 598 | 370 | 658 | (49.02)* | (41.18) | (9.80) |

表中Ⅰ～Ⅶ分别代表不同海拔 Ⅰ–Ⅶ represent different altitudes, respectively. *：括弧内数据为物种区系成分的百分比 The data in the brackets are the percentage of faunal element.

### 2.2 大巴山东部主要生态环境的蚤类群落结构

蚤类是啮齿等哺乳动物和鸟类体外的吸血寄生虫，自身活动范围十分局限，但其空间分布和种类的多寡，在很大程度上，主要取决于宿主动物种类的丰富程度和它们所共同栖息的自然生态环境、气候、海拔高程、水湿条件和动物地理区系属性，而生态环境的多样性，又是后者赖以生存的基本条件。因此，不同的蚤类，在长期的自然历史进化中，与宿主动物、自然生态环境相适应，而选择适合自身生存繁衍的栖境空间，故它们不论是在山地，还是从低纬度到极地，都是从基带自下而上与植被相对应，形成了一系列自然垂直分带现象和不同梯度，且稳定的蚤类生态群落。而每一群落在竞争生存，形成数量上的不同比例或优势，这就是群落构建的基本成分或集合体。本研究中各群落的成分，按数量上的百分比来确定其优势或稀有，并结合宿主动物的地理区系性质，来划定蚤类的区系属性和具有古北、东洋代表意义的指示种。同时，依据大巴山东部的海拔高度和蚤类的分布及植被分带状况，分别划分成3、5、7个自然分布带，及6个不同生境类型(表2)。其中7个自然分布带只考虑蚤类与海拔的关系，但吴氏角叶蚤因受人为因素影响较大，故海拔1 600～2 300 m的个体数量统计，将该种排除在外；5个分布带是依植被带谱划分；3个分布带是将蚤类垂直分布简化为3层，以便从多个角度来揭示或探讨大巴山东部蚤类物种多样性与宿主和自然生态环境的相互关系。

**2.2.1 低山沟谷区（Ⅰ）**：调查样区设在兴山县的湘坪、高桥和小神农架的堆子乡，海拔约400 m，农作物有水稻、小麦和红苕。山边林多为灌木和马尾松林。啮齿动物以褐家鼠 *Rattus norvegicus* 为主(16.00%)，但获蚤类不多，5种，其中特新蚤占优势(36.84%)，人蚤(21.05%)在家犬 *Canis familiaris* 体外常见，四刺夜蝠蚤(5.26%)十分稀有，迄今仅在小神农架的堆子乡(Lu *et al*.，2003)发现。

**2.2.2 农田村落区（Ⅱ）**：样区设在北坡房县的土城，神农架的松柏镇和南坡的九冲等地点(600～900 m)。此区环境复杂，北坡平缓，南坡陡峭；喀斯特地貌常见，溶洞、溪流和暗河。大部分居民居住在这一地带，农作物有玉米、土豆和黄豆。山坡有高大乔

木，小片竹林镶嵌其中。啮齿动物主要有黑线姬鼠 *Apodemus agrarius*（20.04%）、社鼠 *Rattus niviventer*（15.60%）、褐家鼠（15.06%）和灰麝鼩 *Crocidura attenuata*（11.38%）。蚤类较丰富，有 22 种，其中偏远古蚤（24.70%）为优势种，特新蚤指名亚种（21.88%）和鄂西栉眼蚤（18.75%）次之，不等单蚤（8.48%）、长指古蚤（8.18%）、木鱼大锥蚤（3.72%）和台湾栉眼蚤大陆亚种（3.57%）较常见，其余的个体数相对较少，卷带倍蚤巴东亚种（0.15%）在该地带（910 m）已出现。

**2.2.3 常绿落叶阔叶混交林区（Ⅲ）**：该林带（1 000 ~ 1 500 m）调查范围最宽，东起宜昌大老岭林场，西至武当山的五条岭，东西长约 120 km。植被以栓皮栎林为代表，但因过度砍伐，大部分已次生化，其间有民房或村落点缀。啮齿动物主要有社鼠（25.65%）、中华姬鼠 *Apodemus draco*（13.29%）、大林姬鼠 *A. speciosus*（12.98%）和短尾鼩 *Anourosorex squamipes*（9.85%）。蚤类丰富，有 34 种，优势种是偏远古蚤（29.11%），常见种为特新蚤指名亚种（17.31%）、冯氏单蚤（9.78%）、棕形额蚤神农架亚种（5.20%）和喜山二刺蚤陕南亚种（4.04%），其余的种类亦占一定比例，支英古蚤（0.54%）仅在此林带采到，但数量稀少，也是该种地理已知分布最北限。

**2.2.4 落叶阔叶林区（Ⅳ）**：林带（1 600 ~ 1 800 m）完整，以锐齿槲栎林为代表，人为干扰少，局部尚有大片原始森林。啮齿动物主要有大林姬鼠（25.64%）、社鼠（24.69%）、中华姬鼠（18.84%）和短尾鼩（10.44%）。蚤种最多，有 39 种，偏远古蚤为优势种（32.12%）；棕形额蚤神农架亚种（17.14%）、吴氏角叶蚤、棒形新蚤（7.34%）和台湾多毛蚤秦岭亚种（4.02%）常见，大巴山狭蚤（0.33%）、绒鼠纤蚤（0.20%）和巨凹额蚤（0.17%）为该山脉分布的下限，其余蚤类数量较少。

**2.2.5 针阔叶混交林区（Ⅴ）**：以铁杉和红桦林为代表（2 000 ~ 2 300 m）。林带茂密，具较厚的地衣和腐殖质，树上有云雾草。啮齿动物主要有中华姬鼠（24.23%）、藏鼠兔 *Ochotona thibetana*（20.18%）、社鼠（14.44%）、短尾鼩（10.19%）和猪尾鼠 *Typhlomys cinereus*（2.27%）。蚤种较多，有 29 种，啮齿动物体外寄生蚤以卷带倍蚤巴东亚种（22.03%）占优势，棕形额蚤神农架亚种（14.57%）、偏远古蚤（14.21%）、李氏茸足蚤（13.13%）和鄂西栉眼蚤（6.21%）常见，其余亦占一定数量；巴山盲鼠蚤（1.71%）最高上限仅分布于此地带（2 200 m）。

**2.2.6 巴山冷杉箭竹林区（Ⅵ）**：以巴山冷杉林和箭竹林为代表（2 600 m），草甸错落林带之间，尚夹杂有少量乔木，多风、湿度大，气候低寒。啮齿动物主要有藏鼠兔（17.93%）、甘肃绒鼠 *Eothenomys eva*（17.93%）、短尾鼩（17.93%）及大林姬鼠（16.55%）。蚤种有 20 种，偏远古蚤（32.70%）占优势，卷带倍蚤巴东亚种（12.43%）、鄂西栉眼蚤（12.43%）、绒鼠纤蚤（10.00%）和台湾多毛蚤秦岭亚种（4.32%）常见，其余的数量较少，鹅头形古蚤（0.27%）最高上限仅分布于此林带。

**2.2.7 高山针叶林区（Ⅶ）**：以大片冷杉和杜鹃林为代表（2 800 ~ 2 980 m），腐倒木较多，有鸟、兽同穴现象。宿主动物主要有藏鼠兔（43.94%）、大林姬鼠（19.71%）、中华姬鼠（16.64%）和罗氏鼢鼠 *Myospalax rothschildi*（0.18%）。蚤种有 20 种，其中卷带倍蚤巴东亚种（52.28%）占绝对优势，双凹纤蚤（9.73%）、巨凹额蚤（9.27%）和李氏茸足蚤（4.56%）常见，多刺多毛蚤（2.74%）主要分布这一林带，湖北叉蚤（0.15%）为稀有种。

## 2.3 不同梯度的蚤类分布组合与植被带谱关系

将 51 种蚤类与植被 5 个垂直带谱完全相平行进行分析，结果发现‘常绿落叶阔叶混交林、落叶阔叶林和针阔叶混交林’与上述 7 个带中的Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ带的蚤类群落种结构主要种类排序一致，常绿阔叶林中以特新蚤指名亚种（24.76%）占主导、偏远古蚤（23.56%）已下降到次要地位，长指古蚤（7.93%）和喜山二刺蚤陕南亚种（4.13%）由第 5 和第 8 位上升到第 4 及第 6 位。暗针叶林中以卷带倍蚤巴东亚种（37.94%）占主导，偏远古蚤（14.59%）已由Ⅵ带中第 1 位和Ⅶ带中第 5 位分别退到第 2 和上升到第 2 位。

根据海拔的梯度不同，又将蚤类简划为 3 个分布带，结果海拔 400 ~ 1 500 m 的 37 种蚤类中，优势种排序前 4 位是偏远古蚤（27.34%）、特新蚤指名亚种（19.05%）、鄂西栉眼蚤（8.79%）和冯氏单蚤（6.72%），这与 7 个带的Ⅱ带中的第 4 位由不等单蚤（8.48%）占居有所不同。

在海拔 1 600 ~ 2 300 m 的 41 种蚤类中，前 4 种是偏远古蚤（27.29%）、棕形额蚤神农架亚种（16.69%）、卷带倍蚤巴东亚种（8.42%）和棒形新蚤（5.94%），其中前 2 位与 7 带中的Ⅳ带相似，而依次是从第 3 位发生变化。

在海拔 2 600 ~ 2 980 m 的 24 种蚤类中，无论是

与 7 带中的Ⅵ带，或是与Ⅶ带相比较，除Ⅶ带中的卷带倍蚤巴东亚种（37.94）以绝对优势没有被其他种替代外，其余的蚤种（偏远古蚤 14.59%、双凹纤蚤 7.49%、巨凹额蚤 7.00%、鄂西栉眼蚤 6.52%和绒鼠纤蚤 3.79%）排序则相应发生了较大变化。这一现象说明，山地蚤类分布，可因垂直划带组合的不同，啮齿动物体外寄生蚤的优势种排序往往会有一定改变，而变化较大的主要是发生在低山和高山地带，但作为第一位优势种的蚤类，无论是在高山、中山，还是低山，都不会受划带不同的组合而影响其优势。

## 2.4　大巴山东部蚤类的分布特点

**2.4.1　沿山脉分布及与蚤数量的关系**：沿山脉分布是从长江北岸巴东的堆子或兴山的湘坪 400 m 为起点，蚤类向上由 5、22 逐渐增加到 34 至 39 种，以落叶阔叶林蚤种为最多，然后从针、阔叶混交林 2 000 m左右处随海拔继续攀升，蚤种由 29 逐步下降到 20 种。

区系成分和数量变化的趋势是，1 500 m 以下，东洋界蚤类占绝对优势；从落叶阔叶林 1 600～1 800 m发生变化，此林带获蚤类 39 种，以古北界（22 种）成分占明显优势 56.41%，但数量上却以东洋界蚤类更显突出 58.83%；随海拔上升到针、阔叶混交林 2 000～2 300 m，古北界蚤类，尤数量（60.16%）比例进一步增大，具有东洋界特有指示性质的巴山盲鼠蚤、喜山二刺蚤陕南亚种（0.09%）和台湾栉眼蚤大陆亚种（0.63%）仍分布到这一地带；当海拔继续攀升到暗针叶林 2 600 m，虽然此地带仍以东洋界的偏远古蚤（32.70%）占优势，但古北界蚤类，尤区系成分在该林带已稳定在 55.00%并明显大于东洋界 45.00%，大量具有古北界区系性质的蚤类如卷带倍蚤巴东亚种、绒鼠纤蚤、双凹纤蚤、巨凹额蚤、大巴山狭蚤、陕西多毛蚤、李氏茸足蚤、梯形二刺蚤（3.51%）和棕形额蚤神农架亚种等在此林带已占主导地位，具有东洋界特有指示性质的巴山盲鼠蚤和它的寄主猪尾鼠已不见踪迹；当海拔继续上升到 2 800～2 980 m，古北界蚤类和数量分布分别已占 65.00%及 89.51%，东洋界蚤类和数量分布已下降到从属次要地位。

**2.4.2　不同类型生境与蚤数量之间的关系**：不同蚤类的繁衍除了取决于宿主动物的分布外，在很大程度上还取决于对生态环境的选择或依赖。在大巴山东部 6 个不同生境类型中，以小溪山边林获蚤种最多，有 35 种，此类地形异常复杂、海拔跨度大（400～2 200 m），几乎占居了 40%调查样地，小溪的两侧坡度多在 45o 左右，1 700 m 以下夹杂有较多常绿阔叶林，1 800～2 200 m 之间有一定数量的针叶林，此类生境古北界蚤种虽占 48.57%，但数量（32.66%）上仍不及东洋界的蚤数量突出 59.89%；其次是农田山侧灌木林（800～1 500 m）和山脊侧缘林（1 700～2 300 m），前一生境获蚤类 33 种，有较多的村庄或农户，人为干扰大，东洋界蚤类（54.54%）和数量（55.26%）已超过 1/2，广布种人蚤（0.91%）、不等单蚤（5.70%）和特新蚤指名亚种（15.27%）主要分布在这一类型生境；后一类型生境获蚤类 30 种，古北界蚤类（46.67%）仅次于小溪山边林，而数量（56.83%）分布则低于暗针叶林 72.85%，但暗针叶林，植被类型单一，主要为大片冷杉纯林，且海拔比山脊侧缘林高出 300～700 m，蚤类古北成分（58.33%）和数量比山脊侧缘林优势现象更显突出；再次是水沟侧缘林（1 600～1 700 m）和人工林，前者与山脊侧缘林有一定相近之处，获蚤类 30 种，但山脊侧缘林优势种前 3 位是吴氏角叶蚤、卷带倍蚤巴东亚种（18.94%）和棕形额蚤神农架亚种（18.33%），而水沟侧缘林前 3 位是偏远古蚤（32.56%），棕形额蚤神农架亚种（21.29%）和棒形新蚤（8.67%），蚤类区系无论东洋（46.67%）或是古北（43.33%）优势现象都不是很明显，但其东洋数量（60.06%）居于其他各类生境之首，是一独特分布特点；人工林（600～1 500 m）主要分布在大巴山东部的外围武当山和宜昌大老岭林场，以落叶松、华山松和马尾松多见，获蚤类 14 种，蚤类物种和数量以东洋占优势或绝对优势（71.42%，55.64%）。所以，大巴山东部不同生境的古北界蚤类优势数量分布的趋势是暗针叶林＞山脊侧缘林，其余的 4 个生境类型是东洋界蚤类数量占优势，其排列顺序是水沟侧缘林＞小溪山边林＞人工林＞农田山侧灌木林。至于整个山体蚤类区系，是古北界（49.02%）大于东洋界（41.18%），但在数量分布上（37.97%，50.30%）则并不完全与物种区系成份相吻合，而是东洋蚤类区系数量约与古北物种区系相当（表 2）。

表2 湖北大巴山东部不同栖境的蚤类及数量分布

Table 2 Quantity distribution of fleas in different habitats in the eastern part of Daba Mountains

| 群落类型 Community type | 海拔 Altitude (m) | 物种数 Species number | 个体总数 Indiv. number | 古北种 Palaearctic species 物种数 Species number | 古北种 百分比 Percent | 古北种 标本比例(%) Percent of specimens | 东洋种 Oriental species 物种数 Species number | 东洋种 百分比 Percent | 东洋种 标本比例(%) Percent of specimens | 广布种 Widely distributed 物种数 Species number | 广布种 百分比 Percent | 广布种 标本比例(%) Percent of specimens |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A 低山 Low mountain | 400 – 1 500 | 37 | 1 979 | 12 | 32.43 | 14.20 | 20 | 54.05 | 57.30 | 5 | 13.51 | 28.50 |
| 中山 Middle mountain | 1 600 – 2 300 | 41 | 6 967 | 23 | 56.10 | 40.67* | 15 | 36.58 | 52.75 | 3 | 7.31 | 6.57 |
| 高山 High mountain | 2 600 – 2 980 | 24 | 1 028 | 14 | 58.33 | 72.85 | 9 | 37.50 | 27.04 | 1 | 4.17 | 0.10 |
| B 常绿阔叶林 Evergreen broad-leave forest | 400 – 900 | 26 | 921 | 5 | 19.23 | 3.15 | 16 | 61.54 | 56.35 | 5 | 19.23 | 40.50 |
| 常绿落叶阔叶混交林 Mixed Evergreen and deciduous forest | 1 000 – 1 500 | 34 | 1 058 | 12 | 35.29 | 23.82 | 18 | 52.94 | 58.13 | 4 | 11.76 | 18.05 |
| 落叶阔叶林 Deciduous forest | 1 600 – 1 900 | 39 | 3 369 | 22 | 56.41 | 33.48* | 14 | 35.90 | 58.85 | 3 | 7.69 | 7.67 |
| 针阔叶混交林 Mixed coniferous and deciduous forest | 2 000 – 2 300 | 29 | 3 598 | 13 | 44.82 | 60.16* | 14 | 48.27 | 36.24 | 2 | 6.90 | 3.60 |
| 培针叶林 Subalpine coniferous forest | 2 600 – 2 980 | 24 | 1 028 | 14 | 58.33 | 72.85 | 9 | 37.50 | 27.04 | 1 | 4.17 | 0.10 |
| C 低山沟谷区 Low hill zone | 400 | 5 | 19 | 0 | 0.00 | 0.00 | 2 | 40.00 | 36.84 | 3 | 60.00 | 63.16 |
| 农田村落区 Farmland and village | 600 – 900 | 22 | 672 | 4 | 18.18 | 2.67 | 14 | 63.64 | 57.74 | 4 | 18.18 | 39.58 |
| 常绿落叶阔叶混交林区 Mixed Evergreen and deciduous forest | 1 000 – 1 500 | 34 | 1 288 | 12 | 35.29 | 20.42 | 18 | 52.94 | 57.37 | 4 | 11.76 | 22.20 |
| 落叶阔叶林区 Deciduous forest | 1 600 – 1 900 | 39 | 3 369 | 22 | 56.41 | 33.47* | 14 | 35.89 | 58.83 | 3 | 7.69 | 7.67 |
| 针阔叶混交林区 Mixed Coniferous and deciduous forest | 2 000 – 2 300 | 29 | 3 598 | 13 | 44.82 | 60.16* | 14 | 48.28 | 36.24 | 2 | 6.90 | 3.60 |
| 巴山冷杉箭竹林区 Abies and bamboo forest | 2 600 | 20 | 370 | 11 | 55.00 | 43.24 | 9 | 45.00 | 56.75 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 高山针叶林区 Alpine coniferous forest | 2 800 – 2 980 | 20 | 658 | 13 | 65.00 | 89.51 | 6 | 30.00 | 10.33 | 1 | 5.00 | 0.15 |
| D 小溪山边林 Rill border forest | 400 – 2 200 | 35 | 1 678 | 17 | 48.57 | 32.66 | 14 | 40.00 | 59.89 | 4 | 11.43 | 7.45 |
| 农田山侧灌木林 Farmland shrubs | 800 – 1 500 | 33 | 1 316 | 11 | 33.33 | 18.84 | 18 | 54.54 | 54.26 | 4 | 12.12 | 26.90 |
| 山脊侧缘林 Mountain ridge forest | 1 700 – 2 300 | 30 | 3 979 | 14 | 46.67 | 56.83* | 14 | 46.67 | 36.27 | 2 | 6.67 | 5.90 |
| 水沟侧缘林 Raceway side forest | 1 600 – 1 700 | 30 | 1 545 | 13 | 43.33 | 32.56 | 14 | 46.67 | 60.06 | 3 | 10.00 | 7.38 |
| 暗针叶林 Subalpine coniferous forest | 2 600 – 2 980 | 24 | 1 028 | 14 | 58.33 | 72.85 | 9 | 37.50 | 27.04 | 1 | 4.17 | 0.10 |
| 人工林 Planted forest | 600 – 1 500 | 14 | 428 | 2 | 14.29 | 3.27 | 10 | 71.43 | 55.84 | 2 | 14.29 | 40.89 |
| E 整体状况 Holistic status | 400 – 2 980 | 51 | 9 974 | 25 | 49.02 | 37.97* | 21 | 41.18 | 50.30 | 5 | 9.80 | 11.73 |

A: 3 个栖境 Three belts; B: 5 个植被带 Five vegetation zoster; C: 7 个不同海拔梯度 Seven different altitude gradients; D: 6 个不同生境类型 Six different habitat types; E: 整体情况 Holistic status. *: 吴氏角叶蚤 *C. wui* 的标本数因受较大人为因素影响，统计中不包括此种 Owing to uncertainty, *C. wui* was not included in the statitics.

2.4.3　寒季蚤类分布及与气温较高季节的关系：高海拔山脉的蚤类因受气候的影响，不同季节所获得的蚤类也就有不同，气温较高季节，食物充裕，植被处于茂盛期，有些动物尤其是食虫动物则不容易被捕获，温度高、蚤类离体快，相当一部分没有被检获就已离开了鼠体。在大巴山东部 51 种蚤类中，除 13 种因带有不确定因素（指枪击或窝巢内检集的种类），不宜作季节数量分析外，余 38 种其中有 34 种（89.47%）是冰雪或冰霜的天气下采获，气温较高季节仅获 22 种（57.89%），而且这些种类除马氏古蚤外，基本都能在寒季中采获，这一情况表明寒季的蚤类的物种丰富度是明显大于气温较高季节。冬、春二季高山地带虽然雪、霜或雨交替，气温寒冷，但宿主动物体表温度相对稳定，既是宿主捕获后被冰雪覆盖，但因雪及体毛的双重保暖作用，在一定的时间内，仍有一部分蚤类滞留于体表，同时有些蚤种本身就是寒季型的蚤类或 3 月正处于繁殖期，如巴山盲鼠蚤多见于 3–4 月的降雪或融雪期间，大巴山狭蚤和绒鼠纤蚤主要见于 10 月初高山冰雪后，陕西多毛蚤 6–9 月仅见于 1 800 m 以上，12 月冰雪期间600 m 以上各个海拔梯度都能见到它的踪迹，短额古蚤、鹅头形古蚤和台湾多毛蚤秦岭亚种基本都是冰雪或冰霜后出现，且有较多数量，这些综合现象说明，山地的蚤类，除了与生态环境有较密切关系外，同时也与季节、气候变化有直接关系。

## 2.5　多样性、均匀度和优势度分析

山地的动、植物是一个动态的生态系统，而蚤类分布与扩散主要依存移动性较强的小型哺乳动物，影响蚤类的物种多样性因素很多，主要是环境特征，同时水热条件、气候、微小生态景观，植被是否过渡砍伐、海拔梯度变化也是不可忽视的重要综合因素。从表 3 可以看出，在大巴山东部蚤类群落物种多样性指数，最高是位于中海拔的常绿落叶阔叶混交林（2.5476）、针阔叶混交林（2.5421）和落叶阔叶林（2.4636），其次是巴山冷杉箭竹林（2.2856）和农田村落区（2.1554），最低的是人、畜活动频繁的低山沟谷区（1.3699）和高山针叶林（1.8200），这显然与整个山脉的植被走向、水热分布有关，因中海拔自然景观最为复杂、几乎整个山脉各种类型的植被、宿主动物都波及或镶嵌到此地带，为整个山脉梯度变化过渡的交错地带，群落空间异质性大，且大小溪流丛横、水热条件优越、湿度大，有利于宿主栖息及各种蚤类生存；而低海拔因植被过渡采伐或开垦，仅残留次生林或灌木，物种多样性则低；2 600 m 以上虽然为原始生态景观，但植被类型单一，加上高山整体单位面积逐渐变小且温度低，水热条件均不及中海拔，物种多样性随海拔升高则逐渐变低；这一规律变化及趋势基本与物种数分布相吻合。均匀度各个植被带蚤类群落差异不大，分布较均匀，在 0.6～0.8 之间，仅低山沟谷区稍高，但该植被带 5 种蚤有 2 种自蝙蝠、1 种自猫，1 种自家犬，个体数也不多，故低山沟谷区 J 值仍带有不确定因素。而生态优势度最高的是高山针叶林（0.3006）和低山沟谷区（0.2853），这一现象正好与多样性相反，说明这 2 个植被带少数蚤种占有明显的优势，从而降低了群落物种多样性。

表 3　湖北大巴山东部不同海拔蚤类群落物种多样性、均匀度和生态优势度指数

Table 3　The species diversity, evenness and ecological dominance indices of fleas in different altitudes in the eastern part of Daba Mountains

| 编号 Code | 植被带 Vegetation zone | 海拔 Altitude (m) | 物种数 Species number ($S$) | 个体总数 Individual number ($N$) | 多样性指数 Species diversity index ($H'$) | 均匀度 Evenness index ($J$) | 生态优势度 Predominant index ($C'$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ⅰ | 低山沟谷区 Low hill zone | 400 | 5 | 19 | 1.3699 | 0.8512 | 0.2853 |
| Ⅱ | 农田村落区 Farmland and village | 600–900 | 22 | 672 | 2.1554 | 0.6973 | 0.1617 |
| Ⅲ | 常绿落叶阔叶混交林区 Mixed Evergreen and deciduous forest | 1 000–1 500 | 34 | 1288 | 2.5476 | 0.7224 | 0.1367 |
| Ⅳ | 落叶阔叶林区 Deciduous forest | 1 600–1 900 | 38* | 3011 | 2.4636 | 0.67373 | 0.1530 |
| Ⅴ | 针阔叶混交林区 Mixed Coniferous and deciduous forest | 2 000–2 300 | 28* | 1112 | 2.5421 | 0.7629 | 0.1170 |
| Ⅵ | 巴山冷杉箭竹林区 Abies and bamboo forest | 2 600 | 20 | 370 | 2.2856 | 0.7630 | 0.1576 |
| Ⅶ | 高山针叶林区 Alpine coniferous forest | 2 800–2 980 | 20 | 658 | 1.8200 | 0.6075 | 0.3006 |

*：未包含吴氏角叶蚤 Owing to uncertainty, *C. wui* was not included in the statistics.

## 2.6　不同海拔群落物种相似性分析

7 个不同海拔梯度植被带的蚤类群落分布，除

低山沟谷区与 600 ~ 2 980 m 之间相似系数在 0.00 ~ 0.08 之间，处于极不相似水平外，其余的是随着海拔的升高，植被带与植被带之间相似性系数处于中等相似水平，但随植被带与植被带之间距离的增加，相似性系数逐渐变小，多数为中等不相似，仅 1 600 ~ 1 900 m 与 2 600 m 之间、2 000 ~ 2 300 m 与 2 800 ~ 2 980 m 之间为中等相似。由此可见，海拔梯度的变化及植被带与植被带距离的增加，对蚤类群落分布和物种多样性有重要影响（表 4）。

**表 4　湖北大巴山东部不同海拔蚤类群落物种相似性系数（$q$ 值）**

**Table 4　Similarity coefficient（$q$）of fleas species of different altitude in the eastern part of Daba Mountains**

| | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ | Ⅳ | Ⅴ | Ⅵ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ⅱ | 0.08 | | | | | |
| Ⅲ | 0.05 | 0.65 | | | | |
| Ⅳ | 0.02 | 0.45 | 0.59 | | | |
| Ⅴ | 0.03 | 0.50 | 0.47 | 0.66 | | |
| Ⅵ | 0.00 | 0.35 | 0.35 | 0.51 | 0.69 | |
| Ⅶ | 0.04 | 0.31 | 0.32 | 0.48 | 0.58 | 0.67 |

Ⅰ：低山沟谷区 Low hill zone（400 m）；Ⅱ：农田村落区 Farmland and village（600 – 900 m）；Ⅲ：常绿落叶阔叶混交林区 Mixed evergreen and deciduous forest（1 000 – 1 500 m）；Ⅳ：落叶阔叶林区 Deciduous forest（1 600 – 1 900 m）；Ⅴ：针阔叶混交林区 Mixed coniferous and deciduous forest（2 000 – 2 300 m）；Ⅵ：巴山冷杉箭竹林区 Abies and bamboo forest（2 600 m）；Ⅶ：高山针叶林区 Alpine coniferous forest（2 800 – 2 980 m）.

## 3　讨论

大巴山东部是我国一个较独特的地理区域，也是南北动、植物的交汇地区或过渡地带，整个山势大体与秦岭山脉相平行，中间有连绵起伏的‘V’字形皱褶和镶嵌其中的安康盆地，无明显间断和天然屏障，直线距离约 650 km，主峰海拔高度亦接近。在动、植物区系上，有较多相同或相近的成份（杨其仁等，1988a，1988b；朱兆泉等，1999；李义明等，2003；沈泽昊等，2004），蚤类也不例外。

以往在研究和阐明一个山系或区域的动物地理分布时，较多考虑的是物种区系成分、地点（纬度）和植被带谱垂直分布状况，很少结合数量分布和一些特有性质的种类，沿山脉分布的栖境幅度来深究其内部数量结构及成因，因而不同类群的研究，得出的结论往往就有较大不同。近年，作者通过对大巴山东部的蚤类调查，发现该地区蚤类沿山脉的垂直分布，在中海拔，蚤类区系分布并不完全与蚤数量的区系分布相一致，既是在 1 600 ~ 2 200 m 左右地带，具有古北界性质的蚤类区系成分或数量分布，都高于东洋界区系成分的情况下，一些具有东洋界特有指示性质的种类，巴山盲鼠蚤、喜山二刺蚤陕南亚种和台湾栉眼蚤大陆亚种和前者的宿主动物猪尾鼠，仍可分布到这一地带，并广泛渗透或交错，这就为我国蚤类区系中古北界、东洋界中段，在秦岭以南至大巴山一带地区的蚤类，判定为为东洋界区系属性，提供了有力证据。同时，按水平分布和区系分布相近原则，并参考张金桐等（1989）在陕西秦岭、郭天宇等（1994）在川西南、龚正达等（2001）在云南横断山，蔡理云等（1997）在青藏高原的蚤类调查结果，我们认为，我国蚤类区系中古北界、东洋界中段，在秦岭南坡的海拔高度划线，其分界线大约在海拔 2 600 m 左右，此线以上，无论蚤种或是数量分布都以古北界成分为主，低于此线，古北、东洋成分和一些特有指示性质的种类相互渗透。

之所以将秦岭以南 2 600 m 左右地带，判定为划界的分界线，主要依据是：1）从蚤类个体数量优势角度看，在大巴山东部 2 600 m 这一海拔高度，虽仍以东洋界的偏远古蚤占优势，但这一地带，已不见东洋界特有指示性质的巴山盲鼠蚤和它的宿主，猪尾鼠的踪迹，而一些具有古北界性质的卷带倍蚤巴东亚种、绒鼠纤蚤、双凹纤蚤、巨凹额蚤、李氏茸足蚤、陕西多毛蚤、梯形二刺蚤、大巴山狭蚤和棕形额蚤神农架亚种等在此地带已占主导地位；2）低于 2 300 m，虽古北界蚤类或是数量可大于东洋界，但中海拔，蚤类数量和蚤种区系属性并不完全一致，这一现象表明此林带蚤类区系属性，处于一种不稳定交错、过渡状态，而且一些具有东洋界特有指示性质的蚤类，可广泛渗透和分布到此地带，这就为这一高度区系属性，判定为东洋界区系性质，提供了有力证据；3）从蚤类组成上看，在大巴山东部的 51 种蚤类中，有 24 种在秦岭有分布，占秦岭已知 34 种（未包括张金桐等 1989 年在秦岭未定种的 4 种蚤类）（柳支英等，1980；张金桐等，1989）的 70.58%，属的阶元除同瘴蚤属 *Amalararaeus* 大巴山东部没有分布外，其余 18 个属大巴山东部均有分布，表现出两座山系，蚤类区系高度相似，及较密切的地缘关系；4）从山脉的走向看，秦岭和大巴山都缘于青藏高原的岷山山脉，只是秦岭地理位置更加偏北，一部分青藏高原古北界性质的蚤类，随山系逐渐降低，向东扩展逐步呈递减趋势，但因秦岭与大巴山之间，无明显天然屏障，在海拔高度和自然生态环境相近的条件下，不论宿主动物，还是蚤类，这种递减趋势从秦岭至大巴

山虽然存在，但并不是很明显，两座山系如减去，仅秦岭北坡有分布的结实茸足蚤 *Geusibia torosa*、微突茸足蚤指名亚种 *G. minutliprominula minutliprominula* 和刷状同瘴蚤指名亚种 *Amalararaeu penicilliger penicilliger*，秦岭南坡有分布的蚤类仅 7 种大巴山没有分布，两地古北界蚤类成分也相当，分别为 48.38% 及 49.02%，如包括北坡的种类在内，秦岭的古北界蚤类（52.94%）才稍高于大巴山东部的古北界区系成分。因此，在蚤类区系属性上两座山系不存在本质上的差异。基于上述诸多综合证据，及两座山系宿主动物（张荣祖等，1978，1999；陈服官等，1980；吴家炎和李贵辉，1982）和植被带谱（岳明等，1999；唐志尧等，2004）的相似性，我们有充分理由或依据，将张金桐等（1989）关于我国蚤类区系中古北界、东洋界中段，在秦岭南坡划线的海拔高度（1 000 ~ 2 000 m）加以修订，并上移至 2 600 m 左右地带，修订后的划线，其具体位置和走向大体与暗针叶林的分布下限一致。

此外，大巴山东部与川西南、云南横断山和青藏高原的蚤类相比较，3 个地区与大巴山相同种各有 12 种，分别占川西南已知 58 种的 20.69%、云南横断山 104 种的 11.53%（龚正达等，2001）和青藏高原 207 种的 5.79%；川西南有蚤类 31 个属，横断山 34 个属，青藏高原 48 个属，前者有 7 个属、横断山有 11 个属、后者有 24 个属大巴山东部没有分布。这一现象说明无论是种一阶元，还是属一级别，随着地缘分布距离关系的增大及天然屏障（主要是长江）的出现，蚤类的相近区系关系逐渐远离。

动物地理区划中的古北、东洋两界在我国境内的划线问题，是一个既有学术意义，而又有一定经济实用价值（自然资源的保护、开发与持续利用，及自然疫源性疾病的控制）的重要研究内容。但由于历来各家所持观点，研究类群、使用的方法、区系成分评判标准（有的可能是东洋界物种而划人古北界）各不相同，而不同类群的动物，对环境适应能力和迁移、扩散的能力又有较大差异，加之秦岭以西至四川到云南横段山一带地区，地形错综复杂，群峰起伏，层峦叠嶂，南、北动物交错分布，且不同纬度、地带和山系的气候，及温、湿度又千差万别，因而对海拔高度地理划线的理解及所得出的结论就有不同，分歧颇大。因此，要想在我国境内仅用物种区系成分，划出一条适合所有动物和国、内外都能接受的古北界、东洋界分界线，及其海拔高度是有困难的。作者认为，动物种类的区系成分，虽然是衡量一个山系区系性质不可缺少的一项指标，但物种个体区系数量，及一些具有特有指示性质的动物沿山脉的栖境幅度，在两界海拔高度划线综合判定动物区系属性时，比单靠物种的区系成分评判更具有重要实用意义。同时，它可以使人们对山脉的垂直地带性区系镶嵌（古北和东洋成分）分布的理解，更加深入透彻并做出符合客观实际的准确判断。

**致谢**　野外调查得到神农架林区疾病预防控制中心、神农架自然博物馆、神农架国家级自然保护区管理局、神农架公路管理段，兴山县疾病预防控制中心和该地区高山地带各公路道班、保护区哨卡、科考站的有关同志大力支持和帮助；云南省地方病防治研究所龚正达主任技师帮助复印部分参考文献，谨此一并致谢。

## 参 考 文 献（References）

Cai LY，Zhan XR，Wu WZ，Li C，1997. The Flea Fauna of Qinghai-Xizang Plateau. Shaanxi Science and Technology Publishing House，Xi'an. 1 – 364.［蔡理芸，詹心如，吴文贞，李超，1997. 青藏高原蚤目志. 西安：陕西科技出版社. 1 – 364］

Chen FG，Min ZL，Huang HF，Ma QH，Lou ZT，1980. Study on the fauna and classification of mammals in the Qinling and Dabashan region，Shaanxi province. *Journal of Northwest University*（*Natural Edition*），1：137 – 147.［陈服官，闵芝兰，黄洪富，马清和，罗志腾，1980. 陕西省秦岭大巴山地区兽类分类和区系研究. 西北大学学报（自然科学版），1：137 – 147］

Gong ZD，Xie BQ，Lin JB，1996. Ecological and fauna of fleas on Mt. Gaoligong of Yunnan. *Zoological Research*，17（1）：59 – 67.［龚正达，解宝琦，林家冰，1996. 高黎贡山蚤类的生态区系. 动物学研究，17（1）：59 – 67］

Gong ZD，Duan XD，Feng XG，Wu HY，Liu Q，1999. The fauna and ecology of fleas in Cangshan Mountain and Erhai Lake Nature Reserve，Dali. *Zoological Research*，20（6）：415 – 456.［龚正达，段兴德，冯锡光，吴厚永，刘泉，1999. 大理苍山洱海自然保护区山地蚤类与生态的研究. 动物学研究，20（6）：451 – 456］

Gong ZD，Wu HY，Duan XD，Feng XG，Yang GR，2000. Fauna and community ecology of fleas in Lincang region，Yunnan province. *Acta Parasitol. Med. Entomol. Sin.*，7（3）：160 – 169.［龚正达，吴厚永，段兴德，冯锡光，杨贵荣，2000. 云南临沧地区蚤类群落生态学与区系研究. 寄生虫与医学昆虫学报，7（3）：160 – 169］

Gong ZD，Wu HY，Duan XD，Feng XG，Zhang YZ，Liu Q，2001. The relationship between the geographical distribution trends of flea species diversity and the important environmental factor in the Hengduan Mountains，Yunnan. *Biodiversity Science*，9（4）：319 – 328.［龚正达，吴厚永，段兴德，冯锡光，张云智，刘泉，2001. 云南横断山区蚤类物种多样性的地理分布趋势与重要环境因素的关系. 生物多样性，9（4）：319 – 328］

Gong ZD，Wu HY，Zhang，YZ，Cai QS，Luo KH，Li ZC，2004. Vertical

distribution pattern and fauna characteristics of flea communities in the Mt. Wuliang Nature Reserve, Jingdong, Yunnan. *Chinese Journal of Vector Biology and Control*, 15(5): 344-348. [龚正达, 吴厚永, 张云智, 蔡乔顺, 罗开红, 李昌朝, 2004. 云南无量山自然保护区蚤类群落垂直分布格局与区系特征. 中国媒介生物学及控制杂志, 15(5): 344-348]

Gong ZD, Wu HY, Duan XD, Feng XG, Zhang YZ, Liu Q, 2005. Species richness and vertical distribution pattern of flea fauna in Hengduan Mountains of western Yunnan, China. *Biodiversity Science*, 13(4): 279-289. [龚正达, 吴厚永, 段兴德, 冯锡光, 张云智, 刘泉, 2005. 云南横断山区蚤类物种丰富度与区系的垂直分布格局. 生物多样性, 13(4): 279-289]

Gong ZD, Zhang LY, Duan XD, Feng XG, Ge JQ, Li DM, Liu QY, 2007. Species richness and fauna of fleas along a latitudinal gradient in the Three Parallel Rivers Landscape, China. *Biodiversity Science*, 15(1): 61-69. [龚正达, 张丽云, 段兴德, 冯锡光, 葛军旗, 栗冬梅, 刘起勇, 2007. 中国'三江并流'纵谷地蚤类丰富度与区系沿纬度梯度的水平分布格局. 生物多样性, 15(1): 61-69]

Guo TY, Wu HY, Liu ZY, 1994. On the flea fauna of southwestern Sichuan province. In: Wu HY ed. Researches on Fleas. Beijing: China Science and Technology Press. 1-11. [郭天宇, 吴厚永, 柳支英, 1994. 川西南蚤类区系研究. 见: 吴厚永 主编. 蚤类研究. 北京: 中国科学技术出版社. 1-11]

Guo TY, Wu HY, Xu RM, Wang DL, Yan G, 1997. On the flea fauna of Himalaya Mountains southern slope. *Acta Parasitol. Med. Entomol. Sin.*, 4(1): 45-51. [郭天宇, 吴厚永, 许荣满, 王达林, 严格, 1997. 喜马拉雅山南坡部分地区蚤类区系研究. 寄生虫与医学昆虫学报, 4(1): 45-51]

Hopkins GHE, Rothschild M, 1966-1971. An Illustrated Catalogue of the Rothchild Collection of Fleas (Siphonaptera) in the British Museum. Vols. Ⅰ-Ⅴ. British Museum London.

Lewis RE, 1972-1985. Notes on the geographical distribution and host preferences in the order Siphonaptera (Part Ⅰ-Ⅶ). *J. Med. Ent.*, 9-22.

Lewis RE, 1990. The Ceratophyllidae: Currently Accepted Valid Taxa (Insecta: Siphonaptera). Koenigstein Koeltz Scientific Books, Germany. 1-276.

Lewis RE, 1998. Resume of the Siphonaptera of the world. *J. Med. Ent.*, 35(4): 377-389.

Li YM, Xu L, Ma Y, Yang JY, Yang YH, 2003. The species richness of nonvolant mammals in Shennongjia Nature Reserve, Hubei Province, China: distribution patterns along elevational gradient. *Biodiversity Science*, 11(1): 1-9. [李义明, 许龙, 马勇, 杨敬元, 杨玉慧, 2003. 神农架自然保护区非飞行哺乳动物的物种丰富度: 沿海拔梯度的分布格局. 生物多样性, 11(1): 1-9]

Liu ZY, Liu YT, Zhang J, 1980. Description and discussion of a new genus and species of Ceratophyllidae from Shaanxi province, China. *Entomotaxonomia*, 2(2): 135-139. [柳支英, 刘永泰, 张钧, 1980. 陕西省角叶蚤科一新属记述. 昆虫分类学报, 2(2): 135-139]

Lu L, Wu HY, 2003. A new species and a new record of *Nycteridopsylla* Oudemans, 1906 (Siphonaptera: Ischnopsyllidae) from China. *Systematic Parasitology*, 56: 57-61.

Ma KP, 1994. The measurement of community diversity. In: Biodiversity Committee of Chinese Academy of Sciences ed. Principles and Methodologies of Biodiversity Studies. Beijing: China Science and Technology Press. 1-237. [马克平, 1994. 生物多样性的测度方法. 见: 中国科学院生物多样性委员会编. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社. 1-237]

Shen ZH, Hu HF, Zhou Y, Fang JY, 2004. Altitudinal patterns of plant species diversity on the southern slope of Mt. Shennongjia, Hubei, China. *Biodiversity Science*, 12(1): 99-107. [沈泽昊, 胡会峰, 周宇, 方精云, 2004. 神农架南坡植物群落多样性的海拔梯度格局. 生物多样性, 12(1): 99-107]

Tang ZY, Fang JY, Zhang L, 2004. Patterns of woody plant species diversity along environmental gradients on Mt. Taibai, Qinling Mountains. *Biodiversity Science*, 12(1): 115-122. [唐志尧, 方精云, 张玲, 2004. 秦岭太白山木本植物物种多样性的梯度格局及环境解释. 生物多样性, 12(1): 115-122]

Tiflov WE, Scalon OI, Rostigaev BA, 1977. Fleas Illustration of Kavkaz. Stavlopol Publishing House. 1-276. (in Russian).

Traub R, 1980a. Co-evolution of fleas and mammals. In: Abstracts of ⅩⅥ Internation Congress of Entomology Kyolo Japan, Aug. 3-9, 1980. 324.

Traub R, 1980b. The zoogeography and evolution of some fleas. In: Traub R, Staroke H ed. Proceedings of the International Conference on Fleas. UK, June 21-25, 1977. 93-172.

Traub R, Rothschild M, Haddow J, 1983. The Rothschild Collected of Fleas, the Ceratophyllidae. Academic Press Inc. (London) Ltd. 1-128.

Wu HY, Liu Q, Gong ZD, Wang DQ, Yu X, Li C, Lu L, Liu JY, 2007. Fauna Sinica. Insecta Siphonaptera, Second Edition (Ⅰ). Science Press, Beijing. 72-113. [吴厚永, 刘泉, 龚正达, 王敦请, 于心, 李超, 鲁亮, 刘井元, 2007. 中国动物志昆虫纲蚤目(第二版)(上卷). 北京: 科学出版社. 72-113]

Wuhan Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, 1980. Plants in Mountain Shennongjia. Hubei People's Press, Wuhan. 3-33. [中国科学院武汉植物研究所, 1980. 神农架植物. 武汉: 湖北人民出版社. 3-33]

Wu JY, Li GH, 1982. A report on the mammals of Ankang region, Shaanxi province. *Zoological Research*, 3(1): 59-62. [吴家炎, 李贵辉, 1982. 陕西省安康地区兽类调查报告. 动物学研究, 3(1): 56-68]

Xu ZH, Yang BL, Hu G, 1999. Formicidae ant communities in fragments of montane rain forest in Xishuangbanna, China. *Zoological Research*, 20(4): 288-293. [徐正会, 杨比伦, 胡刚, 1999. 西双版纳片断山地雨林蚁科昆虫群落研究. 动物学研究, 20(4): 288-293]

Yang QR, Dai ZX, Sun G, He DF, Zhang RS, Li DW, 1988a. The study on small mammals. Ⅰ. Fauna. *Journal of Central China Normal University* (*Nat. Sci.*), 22(1): 65-70. [杨其仁, 戴忠心, 孙刚, 何定富, 张如松, 黎德武, 1988a. 神农架林区小型兽类的研究. Ⅰ. 兽类区系. 华中师范大学学报(自然科学版), 22(1): 65-70]

Yang QR, Dai ZX, Sun G, He DF, Zhang RS, Li DW, 1988b. The study

on small mammals. Ⅱ. Vertical distribution. *Journal of Central China Normal University* (*Nat. Sci.*), 22(2):204-209.[杨其仁，戴忠心，孙刚，何定富，张如松，黎德武，1988b. 神农架林区小型兽类的研究. Ⅱ. 垂直分布. 华中师范大学学报（自然科学版），22(3):204-209]

Yue M, Ren Y, Dang GD, Gu TQ, 1999. Species diversity of higher plant communities in Foping National Reserve. *Biodiversity Science*, 7(4):263-269. [岳明，任毅，党高弟，古天琪，1999. 佛坪国家级自然保护区植物群落物种多样性特征. 生物多样性，7(4):263-269]

Zhang JT, Liu CY, Wu HY, 1989. Studies of the boundary line between Palaearctic and Oriental regions in central China in relation to the zoogeography of Siphonaptera. *Acta Zootaxonomica Sinica*, 14(4):486-495.[张金桐，柳支英，吴厚永，1989. 中国蚤类区系中古北界和东洋界中段划界的进一步研究. 动物分类学报，14(4):486-495]

Zhang RZ, Zhao KT, 1978. On the zoogeographical regions of China. *Acta Zoologica Sinica*, 24(2):196-202.[张荣祖，赵肯堂，1978. 关于《中国动物地理区划》的修改. 动物学报，24(2):196-202]

Zhang RZ, 1999. Zoogeography of China. Science Press, Beijing. 1-502. [张荣祖，1999. 中国动物地理. 北京：科学出版社. 1-502]

Zhao ZM, Guo YQ, 1990. Principle and Methods of Community Ecology. Publishing House of Scientific and Technical Documentation, Chongqing Branch. 1-288.[赵志模，郭依泉，1990. 群落生态学原理与方法. 重庆：科学技术文献出版社重庆分社. 1-288]

Zhu ZQ, Song CS, 1999. Scientific Survey of Shennongjia Nature Reserve. China Forestry Publishing House, Beijing. 1-279.[朱兆泉，宋朝枢，1999. 神农架自然保护区科学考察集. 北京：中国林业出版社. 1-279]

（责任编辑：袁德成）